

09/981.844

© WPI / DERWENT

OPD - 1998-05-11

TI - Computer graphic display control method for three-dimensional model images
- involves comparing graphic components existing in current frame with previous frame, extracting only modified graphic components and applying patterning process only to modified graphic components

AB - JP11328441 NOVELTY - Graphic data of 3D model (31) is stored in a main memory (11) of a graphics terminal. During patterning, CPU (10) performs conversion to a 2D object. When redisplaying the graphics of the model existing in a frame, the graphic image of current frame is compared with previous frame and only modifications are judged. The patterning is applied only to the modified graphic components. DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for the computer graphics display control apparatus.

- USE - For generating three-dimensional model images.

- ADVANTAGE - Reduces steps and area of patterning process as patterning process is applied only to modified drawing components and thereby increases process speed of patterning process. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the block diagram of graphics terminal. (10) CPU; (11) Main memory; (31) Three-dimensional model.

- (Dwg.1/22)

PN - JP11328441 A 19991130 DW200007 G06T15/70 016pp

PR - JP19980127002 19980511

AN - 2000-080038 [07]

AP - JP19980127002 19980511

PA - (HITA) HITACHI LTD

© PAJ / JPO

TI - GRAPHICS DISPLAY CONTROL METHOD & COMPUTER GRAPHICS

AB - PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a graphics display control system for quickly re-plotting plural modeling graphics.

- SOLUTION: Three-dimensional modeling graphic data 31 are stored in a main memory 11 of a computer graphics. At the time of a plotting processing, a CPU 10 operates a geometry processing including a processing for transforming the graphic data into a second-dimensional physical device coordinate system by a coordinate transformation matrix designated by an application 30. Then, second-dimensional six vertexes corresponding to the maximum value or minimum value of the (x), (y), and (z) components of three-dimensional graphics are obtained, and compared with the previous values held in a circumscribed point table 60, and when all the 6 vertexes are equal, the graphics are recognized as static graphics, and the following plotting processing is omitted, and when even one is different, the graphics are recognized as mobile graphics, and new geometry data (coordinate values, luminance value) are pixel developed by a graphics processor 13. Thus, the static graphics from the previous time are left as those for a background, and displayed without being re-plotted by using a frame memory 15(15-1 and 15-2) for foreground background and a Z buffer 16(16-1 and 16-2).

AP - JP19980127002 19980511

PN - JP11328441 A 19991130

PA - HITACHI LTD

I - G06T15/70 ;G06F3/14 ;G06T15/00 ;G09G5/36

PD - 1999-11-30

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-328441

(43)公開日 平成11年(1999)11月30日

| | |
|--------------------------|-------|
| (51)Int.Cl. ⁶ | 識別記号 |
| G 0 6 T 15/70 | |
| G 0 6 F 3/14 | 3 6 0 |
| G 0 6 T 15/00 | |
| G 0 9 G 5/36 | 5 1 0 |

| | | |
|---------|-------|---------|
| F I | | |
| G 0 6 F | 15/62 | 3 4 0 K |
| | 3/14 | 3 6 0 A |
| G 0 9 G | 5/36 | 5 1 0 V |
| G 0 6 F | 15/72 | 4 5 0 A |

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全 16 頁)

(21)出願番号 特願平10-127002

(22)出願日 平成10年(1998)5月11日

(71)出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 清原 聡
茨城県日立市大みか町五丁目2番1号 株
式会社日立製作所大みか工場内

(72)発明者 藤井 秀樹
茨城県日立市大みか町五丁目2番1号 株
式会社日立製作所大みか工場内

(72)発明者 後藤 正宏
茨城県日立市大みか町五丁目2番1号 株
式会社日立製作所大みか工場内

(74)代理人 弁理士 高橋 明夫 (外1名)

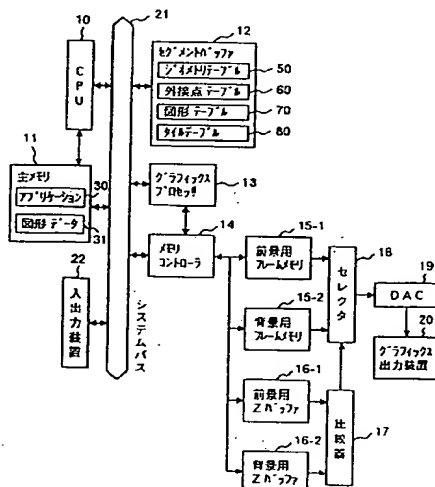
(54) 【発明の名称】 グラフィックス表示制御方法およびコンピュータグラフィックス

(57) 【要約】

【課題】複数のモデリング図形を高速に再描画できるグラフィックス表示制御方式を提供する。

【解決手段】コンピュータグラフィックスの主メモリ 11 に、3 次元のモデリング図形データ 31 を格納している。描画処理に際し、CPU 10 はアプリケーション 30 から指定される座標変換マトリクスにより、2 次元の物理装置座標系に変換する処理を含むジオメトリ処理を行なう。その最初に、3 次元図形の x、y、z 成分の最大値または最小値に対応する 2 次元の 6 頂点を求め、外接点テーブル 60 に保持している前回値と比較し、6 頂点が全て等しいときはその図形が静止とみて以後の描画処理を省略し、1 つでも異なるときに移動とみて、新しいジオメトリデータ（座標値、輝度値）をグラフィックスプロセッサ 13 で画素展開する。このため、前景用と背景用のフレームメモリ 15 及び Zバッファ 16 を用意し、前回から静止している図形は背景用に残し、再描画なしで表示する。

P4 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のモデリング図形の各々に対し、その2次元の座標値や輝度値により画素展開してイメージデータを生成する描画処理を行ない、フレーム画面を表示するグラフィックス表示制御方法において、前回のフレームに存在する図形を今回のフレームに再表示する場合に、その図形の移動の有無を判定し、移動する図形のみ描画処理することを特徴とするグラフィックス表示制御方法。

【請求項2】 3次元図形を指定の座標変換マトリクスにより2次元の物理装置座標系に変換し、その2次元の座標値と輝度値から画素展開してイメージデータを生成する描画処理を行ない、フレーム画面を表示するグラフィックス表示制御方法において、

前回のフレームに存在する図形を今回のフレームに再表示する場合に、その図形の移動の有無を判定し、移動する図形のみ描画処理することを特徴とするグラフィックス表示制御方法。

【請求項3】 請求項1または2において、

第1のフレームメモリには、最初のフレーム画面に存在する全ての図形をイメージデータで書き込むと共に、以後は前回のフレーム画面から移動しない図形のイメージデータを書き込みまたは残し、第2のフレームメモリには、前回のフレーム画面から移動した図形をイメージデータで書き込み、

同一図形が第1と第2のフレームメモリ間で交代する場合に、時間的に古いイメージデータを消去して、第1と第2のフレームメモリのイメージデータを合成することを特徴とするグラフィックス表示制御方法。

【請求項4】 請求項2において、

前記図形の移動の有無は、3次元図形の座標軸成分毎の最大値と最小値の1つを含む6つの外接点を、指定される座標変換マトリクスにより2次元の物理装置座標系に変換し、変換された2次元の外接点の前回値と今回値を比較し、その1点でも異なる場合に図形が移動していると判定することを特徴とするグラフィックス表示制御方法。

【請求項5】 3次元のモデリング図形を指定された座標変換マトリクスにより2次元の物理装置座標系へ変換する処理を含むジオメトリ処理を行ない、かつフレーム毎の表示制御を統括処理する処理制御装置と、ジオメトリ処理された図形毎の座標値と輝度値を基にイメージデータを生成してフレームメモリとZバッファに格納するグラフィックスプロセッサと、フレームメモリのイメージデータを画面に表示する表示装置を備えるコンピュータグラフィックスにおいて、

前記フレームメモリとZバッファはそれぞれ、同一図形が前回のフレームから移動する場合に格納する前景用と、移動しない場合に格納する背景用からなり、前記処理制御装置は、2次元に変換された図形の移動の

有無を判定する機能を有し、対象の図形が前回から移動している場合は前記イメージデータの再描画を行ない、前回から移動していない場合は前記背景用に残っているイメージデータを再利用するように処理することと特徴とするコンピュータグラフィックス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はコンピュータグラフィックスに関わり、特に、3次元モデリング図形をダイナミックに再表示する場合に、処理を高速化できるグラフィックス表示制御方式に関する。

【0002】

【従来の技術】3次元グラフィックスでは、通常モデリングした図形データを階層構造の形で記憶領域に格納し、描画時にこのデータの構造を画素展開して描画する。

【0003】図2に、従来の3次元コンピュータグラフィックスシステムの構成図を示す。3次元図形を表示する場合、まずCPU10でジオメトリ処理を行なう。すなわち、主メモリ11から取り出したモデリング図形データに対し、座標変換、クリッピング、光源計算等の処理を行なう。グラフィックスプロセッサ13はジオメトリ処理した座標値や輝度値等に基づいて画素展開をおこない、Zバッファ16を用いて隠面消去をしながら、フレームメモリ15にイメージデータとして図形の形状を書き込む。フレームメモリ15のイメージデータは、デジタル・アナログ変換器であるDAC19を介してグラフィックス出力装置20に表示される。

【0004】3次元グラフィックスでは、3次元のモデリング座標で定義した3次元図形を2次元の物理装置座標系に変換する。図3に、この変換ステップ(イ)～(ホ)を示す。(イ)のモデリング変換は図形を定義しているモデリング座標系から、図形の配置されるワールド座標系への変換であり、主に移動、回転、拡大/縮小を行なう。(ロ)の視野変換はワールド座標系の図形を、視点を原点にした視点座標系に配置する変換である。(ハ)の透視変換は視点座標系の図形を、視点を投影中心として投影面に投影し、さらに投影後のx、y値を-1～1の空間、z値を0～1の空間である正規透視座標系にマッピングするための変換である。(ニ)のビューポート変換は正規透視座標系の空間を、表示画面の座標系であるウィンドウ座標系にマッピングするための変換である。(ホ)の物理座標変換はウィンドウ座標系から物理装置座標系への変換で、画面の表示領域を実際の画面に設定し、正規化されたz値をデスバッファのz値に写像するための変換である。

【0005】上記(イ)～(ホ)の変換は、それぞれ4×4のマトリクス形式で表現することができる。ここで、モデリング変換マトリクス T_m 、視野変換マトリクス T_v 、透視変換マトリクス T_p 、ビューポート変換マ

トリス T_s 、物理変換マトリクス T_d とし、モデリング座標系の座標値 (x_m, y_m, z_m) 、ウィンドウ座標系の座標値 (x_s, y_s, z_s) 、物理装置座標系の座標値 (x_d, y_d, z_d) とすると、数1と数2が成立する。ただし、 z_d :デプス値である。

【0006】

【数1】 $\begin{bmatrix} x_m & y_m & z_m & 1 \end{bmatrix} T_m T_v T_p T_s = \begin{bmatrix} x_s & y_s & z_s & W_s \end{bmatrix}$

ここで、 $x_s = X_s/W_s$ 、 $y_s = Y_s/W_s$ 、 $z_s = Z_s/W_s$ 、 $\begin{bmatrix} x_m & y_m & z_m & 1 \end{bmatrix}$ は同次座標表現、 W は縮尺比率である。

【0007】

【数2】

$\begin{bmatrix} x_s & y_s & z_s & 1 \end{bmatrix} T_d = \begin{bmatrix} x_d & y_d & z_d & 1 \end{bmatrix}$

図3の各変換の右側に変換マトリクスの例を示す。モデリング変換マトリクスは x 、 y 、 z 軸方向に、 t_x 、 t_y 、 t_z だけ平行移動した場合である。視野変換マトリクスは、ワールド座標系原点の視点座標系における座標を V_x 、 V_y 、 V_z とした場合である。透視変換マトリクスは、視点と投影面の距離を r 、正方形のウィンドウの幅の $1/2 = k$ とした場合である。ビューポート変換マトリクスは、ビューポートサイズを V_{sx} 、 V_{sy} 、 $V_s z$ 、その中心を V_{cx} 、 V_{cy} とした場合である。物理装置変換マトリクスは、物理装置座標系上でのウィンドウの左下隅の x 、 y 座標を V_{wx} 、 V_{wy} 、デプスバッファの幅を W_d とした場合である。なお、ここでのモデリング座標系とワールド座標系は右手座標系、それ以外は左手座標系とする。

【0008】このように、あるフレームで3次元図形を描画するときに、上記の変換を設定することにより、座標変換マトリクスが決まる。すなわち、フレーム間で3次元図形の表示が変化するということは、座標変換マトリクスが変化することであり、3次元図形の表示が変わらなければ座標変換マトリクスも同じである。以下では、3次元のモデリング座標系をOC座標系、2次元の物理装置座標系をPDC座標系と呼ぶことにする。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】従来技術で、1つのフレーム画面を構成する3次元図形は全て上記の変換処理を含む描画処理を行って画面上に表示する。したがって、同一の3次元図形を次のフレーム画面で再表示する場合に、画面上での表示位置が全く変わらないうとしても、上記の描画処理を再び繰り返さなければならない。

【0010】例えば、図4(a)で三角錐40、立方体41、三角柱42、球43の4つの3次元図形が、あるフレーム画面で表示され、図4(b)の次のフレーム画面で球43だけが平行移動している。この場合、球43の再描画は当然であるが、表示位置が変わらない三角錐40、立方体41、三角柱42の各図形についても、再描画を行わなければならない。このとき、前のフレーム

画面のイメージデータがフレームメモリに残っているため、全て消去してから再描画される。

【0011】ところで、複数のモデリング図形が画面表示される場合、一部の図形のみが移動していることがよくある。例えば、フライトシミュレータ等のシミュレーション等では、図形の一部のみが移動し大半は静止しているにもかかわらず、フレーム毎に全ての図形を再描画する。特に、3次元図形の場合は座標変換に時間がかかるため、表示速度を高速化できないという問題がある。

【0012】本発明の目的は、従来技術の問題点に鑑み、再表示のための処理を省略することにより、高速に画面表示を行うことのできるコンピュータグラフィックスとその表示制御方法を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決する本発明は、複数のモデリングした図形を基に、その2次元の座標値や輝度値から画素展開によりイメージデータを生成する描画処理を行ない、フレーム画面を表示するグラフィックス表示制御方法において、前回のフレームに存在する図形を今回のフレームに再表示する場合に、当該図形の移動の有無を判定し、移動する図形のみ描画処理することとを特徴とする。

【0014】前記図形が3次元図形の場合、3次元図形を指定の座標変換マトリクスにより2次元の物理装置座標系に変換し、2次元の図形での移動の有無を判定し、移動する図形のみ描画処理することとを特徴とする。

【0015】3次元図形の移動の有無は、図形毎にその座標軸成分毎の最大値と最小値を含む6つの外接点を求めておき、指定された座標変換マトリクスにより2次元に変換された6つの外接点の今回値と前回値を比較し、それらの1点でも異なる場合に、その図形が移動しているものと判定することとを特徴とする。

【0016】また、第1のフレームメモリには最初のフレーム画面に存在する全ての図形のイメージデータを書き込むと共に、以後は前回のフレーム画面から移動しない図形のイメージデータを書き込みまたは残し、第2のフレームメモリには前回のフレーム画面から移動する図形のイメージデータを書き込み、同一図形が第1と第2のフレームメモリ間で交代する場合に時間的に古いイメージデータを消去し、第1と第2のフレームメモリのイメージデータを合成したフレームを表示する。

【0017】また、本発明のコンピュータグラフィックスは、3次元のモデリング図形を指定された座標変換マトリクスにより2次元の物理装置座標系に変換する処理を含むジオメトリ処理を行ない、かつフレーム毎の表示制御を統括処理する処理制御装置と、ジオメトリ処理された図形毎の座標値と輝度値を基にイメージデータを生成してフレームメモリとZバッファに格納するグラフィックスプロセッサと、フレームメモリのイメージデータを画面に表示する表示装置を備え、前記フレームメモリ

とZバッファはそれぞれ、同一図形が前回のフレームから移動する場合に格納する前景用と、移動しない場合に格納する背景用からなり、前記処理制御装置は前記3次元図形の移動の有無を判定する機能を有し、同じ図形が前回から移動する場合は前記イメージデータの再描画を行ない、前回から移動しない場合は前記背景用に残っているイメージデータを再利用するように処理することを特徴とする。なお、前記処理制御装置には、実施例(図1)のCPU10及びメモリコントローラ14が相当する。

【0018】本発明によれば、表示画面上で静止して見える図形と動いて見える図形を動的に判定し、静止と判定された図形は前回処理したイメージデータを用いることで、再表示のための処理を省略することができる。この結果、移動する図形の数や移動の発生頻度が少ないフレーム画面の描画処理を大幅に低減でき、フレーム単位の表示処理を高速化できる。

【0019】また、前回と今回の移動の判定に、PDC座標系における図形の座標軸成分の最大値または最小値を含む座標点(外接点と呼ぶ)を比較するので、図形が複雑な場合にも移動の判定を簡単に、かつ速やかに行なえ、特に6つの外接点の判定のみで済む3次元図形での効果大きい。

【0020】また、移動する図形は前景用フレームメモリ、移動しない図形は背景用フレームメモリに描画し、図形毎にどのメモリのどの領域に書き込んでいるかを管理しながら、主として前景用フレームメモリを対象とした動的な描画処理を行なうので、システム全体としてみたオーバーヘッドが少なく処理が簡単になる。

【0021】ところで、本発明における3次元図形の移動の判定は、モデリング座標系の外接点を物理装置座標系に変換して判定の指標としている。一般に、図形の移動はアプリケーションの描画命令ないしその命令より求めた座標変換マトリクスに反映されている。しかし、3次元図形にわずかな移動が指示されて座標変換マトリクスが変化しても、描画するピクセルの位置が変化しない場合がある。つまり、PDC座標系に変換した後の頂点座標が前フレームと変わらず、再描画の結果が前回と同一になることがある。これは、3次元座標系から2次元座標系へ変換する際の透視変換(図3)で、遠く離れた図形ほど小さく表示する透視投影を行なうことに起因している。以下に、この点を説明する。

【0022】図21は、3次元図形を生成する場合のグラフィックコマンドの一例を示す。アプリケーションによりCPUが生成するもので、コマンドの種別を表わすオペレーション(OP)コードと、マトリクスパラメータの設定値や指示コマンドからなる。同図(b)は主メモリに格納されている立方体(8頂点)のグラフィックコマンドの例で、(a)の再描画指示コマンドで図形IDを指定し、設定されたパラメータによるマトリクス変

換を経て描画される。つまり、上述の数1、数2に従い、3次元図形のOC座標系での各頂点座標を座標変換マトリクスと掛け合わせるにより、PDC座標系での座標値(画面上でのピクセルの位置)が決まる。

【0023】いま、図22に示すように、投影面より後方にある3次元図形の頂点Aを投影した物理装置座標系の座標値A'(投影面上)とする。次の3次元図形で、例えば頂点AがBに平行移動すると、数1のモデリング変換マトリクスTmが変化する。しかし、A⇒Bへの移動がわずかで、計算の結果はBを投影した投影面上の座標値もA'となると、描画するピクセル位置は変わらない。

【0024】このように、フレーム間の図形の移動が小さい場合は、座標変換マトリクスが異なっても描画位置に変化のない場合があり、本発明における図形の移動判定によれば、再描画を省略できる。なお、3次元図形の6つの外接点のPDC座標系への変換は、描画処理での図形変換の一部を先行的にこなしているため、移動の有無を正確にかつ速やかに判定できると共に、移動有り判定された場合には6頂点の変換結果がそのまま利用できる。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら詳細に説明する。図1は、一実施例による3次元コンピュータグラフィックスシステムの構成図である。本システムは、モデリング図形データの格納やジオメトリ処理を行なうCPU10と、アプリケーションプログラム30やモデリング図形データ31を格納する主メモリ11及びグラフィックス装置を接続するバス21を備えている。

【0026】グラフィックス装置は、ジオメトリ処理された座標値や輝度値を保持するセグメントバッファ12と、画素展開してイメージデータを書き込むグラフィックスプロセッサ13と、イメージデータとZ値を前景用と背景用の何れに書き込むかを選択するメモリコントローラ14とがバス21に接続され、メモリコントローラ14に接続された前景用フレームメモリ15-1及び背景用フレームメモリ15-2と、メモリコントローラ14に接続された前景用Zバッファ16-1及び背景用Zバッファ16-2を備えている。

【0027】さらに、前景用Zバッファ16-1及び背景用Zバッファ16-2に接続されたZ値比較の比較器17と、比較器17と前記前景用フレームメモリ15-1及び背景用フレームメモリ15-2に接続され陰面消去と両メモリのデータ合成のためのセレクト18と、セレクト18にDAC19を介して接続されたグラフィックス出力装置20と、ユーザ用の入出力装置22などから、システム構成されている。

【0028】通常の3次元グラフィックスでは表示の前に、モデリングした3次元の図形データにID番号を付

与し、階層構造の形式（ディスプレイリスト）で主メモリ11に再利用可能に格納している。CPU10はフレーム毎の画面表示に際し、アプリケーションプログラム30の描画命令に従い図形ID毎に、指定された座標変換マトリクスパラメータにより3次元図形の頂点座標をPDC座標系に変換し、2次元に変換された座標値と光源計算から得た各頂点の輝度値（色）をセグメントバッファ12のシオメトリテーブル50に登録する。

【0029】グラフィックスプロセッサ13は、ジオメトリ処理された座標値と輝度値を画面展開（イメージデータ生成）して、フレームメモリ15とZバッファ16に書き込む。このとき、メモリコントローラ14を介して、前景用と背景用を選択する。なお、ジオメトリ処理の変換ステップは、上述した図3と同様である。

【0030】本実施例のグラフィックス表示制御では、表示する今回のフレームの図形毎に静止か移動かを前フレームとの比較で動的に判定し、静止していると判定された同一図形に対するグラフィックスプロセッサ13による画面展開を省略し、フレームメモリに残っている前フレームのイメージデータをそのまま用いる。

【0031】なお、本実施例では3次元図形を指定された座標変換マトリクスによりPDC座標系に変換する際に、最初に3次元図形の外接点の変換を行なって図形の移動の有無を判定するので、移動なしの場合はそれ以後のジオメトリ処理も打ち切られるので、移動なしの図形が多い場合は描画処理を大幅に短縮でき、フレーム単位の表示制御の高速化を可能にする。

【0032】以下の説明では、前フレームから移動している図形を前景図形、静止している図形を背景図形と呼ぶ。前景図形のイメージデータとZ値は前景用フレームメモリ15-1と前景用Zバッファ16-1に、背景図形のイメージデータとZ値は背景用フレームメモリ15-2と背景用Zバッファ16-2に書き込まれる。そして、各ZバッファのZ値を比較し、両フレームメモリの画面から手前にある方を選択しながら合成して表示する。

【0033】本実施例の背景図形は、従来の背景画のように属性的に固定した静止図形を指すのではなく、属性的には移動の可能性のある図形であるが、前回から移動していない図形を対象とするものである。もちろん、従来の固定した静止図形を含めてもよいが、予め移動しないことが分かっている図形の場合は、後述する静止図形判定フラグを“静止”にセットしておけばよく、毎回の判定は不要となる。

【0034】図形の静止または移動の判定は、まず、3次元図形の構成頂点の中から、x、y、zの成分の最大値または最小値の各1つを含む6頂点V1～V6を求めておく。そして、今回に指定された座標変換マトリクスにより、V1～V6をPDC座標系に変換してv1～v6を求め、この2次元の6頂点の全てが前回から変化し

ていないとき、その図形が静止していると判定する。3次元の6頂点Vの値は、CPU10が3次元の図形データを主メモリ11に格納する際に求め、描画のためのジオメトリ処理の冒頭で2次元に変換される。以下の説明では、この6頂点を外接点と呼ぶことにする。

【0035】図5に、3次元図形と2次元図形及びその外接点の概念図を示す。図5(a)の3次元図形に示すように、OC座標系における図形51に外接し、かつ座標軸に平行な直方体52を仮定すると、図形51はその6頂点で直方体52の6面に外接する（図形52からみれば内接）。なお、3次元図形の場合の外接点の数は図形の形状に関係なく6個となる。例えば、図4の球43の場合、頂点座標は有しないが外接直方体とはその6面で接するので、外接点V1～V6の取得とその2次元変換による移動判定は可能となる。

【0036】ここで、図形51が外接する各頂点をx成分の最大値、x成分の最小値、y成分の最大値、y成分の最小値、z成分の最大値、z成分の最小値の順に、つまりV1=xmax, V2=xmin, V3=yamax, V4=ymin, V5=zmax, V6=zminと表わすことにする。また、図5(b)に示すように、現在指定されている座標変換マトリクスにより、2次元のPDC座標系に座標変換した後の6頂点を、同様の順でv1, v2, v3, v4, v5, v6と表わすことにする。これらの外接点は、セグメントバッファ12の外接点テーブル60に管理される。

【0037】図6に、外接点テーブルのデータ構成を示す。外接点テーブル60には、描画する3次元図形の登録順に正数を与えた図形ID毎に、OC座標系の6頂点V1～V6と、PDC座標系に変換した後の6頂点v1～v6が記憶される。テーブル60における外接点の値は、最大値または最小値のみでよい。

【0038】また、外接点テーブル60は図形ID毎に、静止図形判定フラグ及び背景図形判定フラグを管理している。前者は、その図形が前回から静止している場合に“0”、移動している場合に“1”となる。後者は、その図形のイメージデータが背景用フレームメモリ15-2に残っている場合に“0”、残っていない場合に“1”となる。

【0039】セグメントバッファ12は図形テーブル70、タイルテーブル80も保有している。グラフィックスプロセッサ13がジオメトリ処理された図形データを画面展開し、フレームメモリ15にイメージデータとして書き込む時、どのフレームメモリのどの領域に書き込んだか識別できるように、各フレームメモリ15を小領域（タイルと呼ぶ）に区分し、図形テーブル70とタイルテーブル80管理する。前者は図形ID毎に前景用フレームメモリ15-1及び背景用フレームメモリ15-2のイメージデータの有無を、後者はタイル番号毎に背景用フレームメモリ15-2のイメージデータの有無を

管理する。

【0040】図7に、タイルに区分けしたフレームメモリの概念図を示す。図4の各図形をタイル分けしたフレームメモリ15に書き込む場合、図4はタイル71、72、73、74に書き込まれる。

【0041】図8に、図形テーブルとタイルテーブルの構成を示す。(a)の図形テーブル70は、図形ID毎に全タイル番号を対応付け、そのIDの図形が書き込まれるタイル番号の箇所に“1”をセットし、書き込まれないタイル番号の箇所に“0”をセットする。(b)のタイルテーブル80は、タイル番号毎に全図形IDを対応付け、そのタイルに書き込まれる図形IDの箇所に“1”をセットし、書き込まれない図形IDの箇所に“0”をセットする。

【0042】次に、本実施例による3次元グラフィックスの描画動作を詳細に説明する。描画処理の前提として、CPU10が3次元の図形データをディスプレイストとして主メモリ11に格納するとき、3次元図形の外接点V1～V6を決定する処理も行ない、外接点座標テーブル60に格納する。

【0043】図9に、外接点座標を決定する処理フロー図を示す。本例は頂点座標を有する図形データの例で、主メモリ11に格納するとき、図形の各頂点が外接点Vか否かを判定する(s100)。この判定は、対象図形に外接する直方体を仮定し、図形の各頂点が直方体の何れかの面に接するかを算定して行なう。

【0044】図形の頂点が外接点Vの場合、その最初的外接点をテーブル60のV1～V6に初期設定する(s101)。2番目以降の外接点Vに対しては、そのx値がV1の値(Xmax)より大きいか判定する(s102)。大きい場合は、V1をVのx値で更新する(s103)。一方、外接点Vのx値がV1より小さい場合は、そのx値がV2の値(Xmin)より小さいか判定する(s102)。小さい場合はV2をVのx値で更新する(s104)。

【0045】次に、外接点Vのy値がV3の値(Ymax)より大きいか判定する(s106)。大きい場合はV3をVのy値で更新する(s107)。小さい場合は、そのy値がV4の値(Ymin)より小さいか判定する(s108)。小さい場合はV4をVのy値で更新する(s109)。同様に、外接点Vのz値に対して、s110～s113の処理が行なわれる。以上の処理を、対象図形の全ての頂点座標について繰返すと、6つの外接点が求まる。

【0046】この3次元座標系の外接点Vは、本実施例の表示制御処理の最初に、2次元の外接点vに変換される。図10に示すように、i=1～6の外接点についてV1から順に、OC座標系からPDC座標系へ変換し(s201)、2次元座標系での外接点v1～v6を求める(s202)。なお、処理s201の変換は、図3

の変換ステップと同一である。変換されたv1～v6は、外接点テーブル60に格納される。

【0047】次に、フレーム画面における各図形の描画処理の手順を詳細に説明する。最初のフレーム画面においては、描画する図形は全て静止した背景図形とみなして処理する。CPU10は各図を描画処理する冒頭で、外接点座標テーブル60のV1～V6を、今回指定されている座標変換マトリクスにより、PDC座標系へ変換したv1～v6を書き込む。

【0048】静止図形判定フラグ、背景図形判定フラグの初期値は全て“0”となる。次に、ジオメトリ処理を行なってデータをテーブル50に格納する。これより、各図形がどのタイル領域に属するか分かるので、図形テーブル70及びタイルテーブル80に初期値を設定する。さらに、グラフィックスプロセッサ13がジオメトリテーブル50のデータを画面展開する。最初のフレームは全て背景図形として登録するので、イメージデータとZ値はそれぞれ背景用のフレームメモリ15-2とZバッファ16-2に書き込まれる。

【0049】以上の初期設定の後に、次のフレーム画面で図形を再描画する。図11～図13に示した再描画のための一連の処理フロー図を用いて説明する。今回のフレーム画面に図形を再描画する場合、まず、i=1～6の外接点viに対し、v1から順に、PDC座標系に変換した今回のv1～v6と外接点テーブル60が保持している前回のv1～v6をそれぞれ比較する(s301)。その結果、v1～v6の全てが一致するか判定し(s302)、全て一致する場合はその図形が前回から移動していない背景図形とみなして、図13の処理Bに移行する。

【0050】一方、v1～v6の一つが不一致の場合、その図形は前景図形とみなして、処理を図12のAに移行し、新しいv1～v6を外接点テーブル60に登録し(s310)、静止図形判定フラグを“1”にセットする(s311)。また、対象図形(ここでは、図形jと呼ぶ)は前景図形なので、CPU10でジオメトリ処理を行い、新しい座標値、輝度値を計算する(s312)。

【0051】このとき、外接点テーブル60の背景図形判定フラグから、背景用フレームメモリ15-2に図形jのイメージデータが残っているかどうか確認する(s313)。残っている場合(背景図形判定フラグ“0”)は、フラグを“1”にセットし(s314)、図形jがどのタイル領域に残っているか図形テーブル80から確認する(s315)。処理s313、s315で図形jが存在しない場合は、図13の処理Cに移行する。また、処理s315で図形jの存在するタイル領域に対して、以下の処理を実行する。

【0052】まず、図形jが属しているタイル番号iを図形テーブル80から取り出す(s316)。そして背

景用フレームメモリ15-2と背景用Zバッファ16-2において、取り出したタイル番号iに相当する領域を初期化する(s317)。その後、タイル番号iに存在している他の全ての背景図形のイメージデータを、グラフィックスプロセッサ13が再描画する(s318)。最後に、タイルテーブル80のタイル番号iで、前景図形となった図形jの箇所を“0”にセットする(s319)。

【0053】一度、背景用フレームメモリ15-2から消去されて前景図形となった図形jは、上記のように背景図形判定フラグが“1”となっている。従って、図形jが次のフレームでも引き続き前景図形となる場合は、処理s313の判定は“YES”となり、処理s314～s319の処理が必要なくなる。よって、処理をCに移行する。

【0054】まず、図形テーブル80で図形jが属する全てのタイル番号の箇所を“0”にセットする(s320)。そして、改めて前景用フレームメモリ15-1に新しいイメージデータを書き込む。まず、CPU10がジオメトリ処理した新しい座標値と輝度値をジオメトリテーブル50に登録し(s321)、図形テーブル80で、新しく書き込まれる図形jのタイル番号の箇所に“1”をセットする(s322)。そして、更新されたジオメトリテーブル50を用いて、グラフィックスプロセッサ13で画素展開を行い、前景用フレームメモリ15-1に描画する(s323)。

【0055】一方、処理s302で、外接点v1～v6の全てが一致した場合は処理Bに移行し、図形jの静止図形判定フラグが“0”が調べる(s330)。静止図形判定フラグが“0”の場合は、前回背景図形だった図形jが今回も背景図形であり、背景用フレームメモリ15-2にはイメージデータが存在するので、何も処理せずに終了する。

【0056】また、処理s330で静止図形判定フラグが“1”になっていれば、前回前景図形だった図形jが今回は背景図形に変更されるので、タイルテーブル80の各タイル番号について、背景図形となる図形jの箇所を“1”にセットする(s331)。そして、ジオメトリテーブル50を用いて、グラフィックスプロセッサ13で画素展開を行い、背景用フレームメモリ15-2に図形jを描画する(s332)。最後に、図形jの静止図形判定フラグと背景図形判定フラグを共に“0”にセットする(s334)。

【0057】以下、上記した描画処理の流れを具体例で説明する。図14は、フレーム画面の推移の具体例を示し、(a)が最初のフレーム画面1、(b)が次のフレーム画面2、その次のフレーム画面3も再び(b)となる場合について説明する。フレーム画面2では、フレーム画面1に対し三角錐40、三角柱42、球43の表示位置は静止したままで、立方体41のみが平行移動して

いる。さらに、フレーム画面3では、フレーム画面2から全ての図形が静止したままである。

【0058】まず、フレーム画面1の図形データを用いて、セグメントバッファ12の各テーブルを初期設定する。図15に、各テーブルの初期設定状態を示す。

(a)は外接点座標テーブル60の設定状態で、図形1D番号に三角錐40、立方体41、三角柱42、球43を割り当て、OC座標系及びPDC座標系の外接点の値(最大値/最小値)が格納されている(記述は省略)。また、各図形の静止図形判定フラグ及び背景図形判定フラグは全て“0”にセットされている。(b)は図形テーブルの設定状態で、図形1Dに対しその図形の書き込まれるフレームメモリ15のタイルに“1”がセットされる。(c)はタイルテーブル80の設定状態で、背景用フレームメモリ15-2の各タイルに対し、書き込まれる図形1Dに“1”がセットされている。例えば、立方体41はタイル103とタイル104に書き込まれている。

【0059】図18は、初期状態のフレームメモリのイメージ図で、(a)は前景用フレームメモリ15-1、(b)は背景用フレームメモリ15-2を示す。フレームメモリは、タイル100～タイル105に区分されている。最初のフレーム画面1は背景用フレームメモリ15-2に書き込まれる。

【0060】次に、フレーム画面1からフレーム画面2に変化する場合、三角錐40、三角柱42及び球43については、今回の外接点v1～v6の各々と、外接点テーブル60が保持している前回の外接点v1～v6が全て一致する。また、静止図形判定フラグは全て“0”である。したがって、これらの図形は前フレームから変化がなく、かつ背景用フレームバッファ15-2にイメージデータが存在しているので、再度の描画処理を行わない。

【0061】一方、立方体41の図形はフレーム画面1から移動し、判定の結果は今回のv1～v6の値が外接点座標テーブル60の保持している値と一致しない。よって、立方体41は前景図形であるとみなし、新しいv1～v6を外接点テーブル60に登録(更新)し、静止図形判定フラグを“1”にセットする。前景図形となる立方体41はCPU10でジオメトリ処理を行なって座標値、輝度値を計算し、前景用フレームメモリ15-1に新しいイメージデータを書き込む。

【0062】ところで、背景用フレームメモリ15-2には立方体41の古いイメージデータが残っている。この消去のため、立方体41の背景図形判定フラグを“1”にセットした後、立方体41が書き込まれているタイル103、104の再描画をおこなう。

【0063】すなわち、図15(c)のタイルテーブル80より、立方体41の存在するタイル103には三角錐40と、球43も存在していることが分かるので、背

景用フレームメモリ15-2と背景用Zバッファ16-2のタイル103の領域を初期化した後に、三角錐40と球43のデータをジオメトリテーブルから取り出して再描画する。そして、タイルテーブル80で、タイル103に対する立方体41の箇所を“0”にセットする。

【0064】同様に、タイル104には三角柱42があるので、背景用フレームメモリ15-2と背景用Zバッファ16-2のタイル104の領域を初期化したのち、三角柱42を再描画する。また、タイルテーブル80で、タイル104に対する立方体41の箇所を“0”にセットする。さらに、図形テーブル70で、立方体41に対するタイル103、104の箇所を“0”にセットする。

【0065】これで、立方体41は背景用フレームメモリ15-2から消去されたので、改めて前景用フレームメモリ15-1に新しいイメージデータを書き込む。まず、CPU10がジオメトリ処理した新しいデータをジオメトリテーブル50に登録し、図形テーブル70で新しく書き込まれる立方体41のタイル101に“1”をセットする。そして、更新されたジオメトリテーブルを用い、グラフィックスプロセッサ13で画素展開を行い、前景用フレームメモリ15-1に立方体41を描画する。

【0066】図16に、フレーム画面2を描画したときの各テーブルの設定状態を示す。外接点テーブル60において、立方体41の静止図形判定フラグは前景用であることを示す“1”であり、また、背景図形判定フラグが“1”で、背景用フレームメモリ15-2から消去されたことを示している。また、図形テーブル70には、立方体41とタイル101が対応付けられ、タイルテーブル80のタイル103、104から立方体41はリセットされている。

【0067】図19に、フレーム画面2に対応するフレームメモリのイメージ図を示す。(a)の前景用フレームメモリ15-1では、タイル101に立方体41が書き込まれ、(b)の背景用フレームメモリ15-2からは立方体41が消去されている。

【0068】次に、フレーム画面2からフレーム画面3に変化した場合を説明する。図形40~43に変化がないので、今回の各図形の外接点 $v_1 \sim v_6$ は外接点テーブル60が保持しているフレーム画面2の値と全て一致する。従って、このまま何もしなくてもフレーム画面2を維持できる。しかし、フレーム画面2の外接点テーブル60では、立方体41の静止図形判定フラグ“1”、背景図形判定フラグ“1”とセットされているので、このままでは立方体41が移動図形として扱われて再描画の対象となってしまう。

【0069】そこで、立方体41を前景用から背景用に変更する。このため、図形テーブル70から立方体41が存在するタイル101を検知し、タイルテーブル80

のタイル101で立方体41に“1”をセットする。この後、ジオメトリテーブル50のデータを用いて、グラフィックスプロセッサ13で画素展開を行い、背景用フレームメモリ15-2に立方体41を描画する。そして、静止図形判定フラグと背景図形判定フラグを共に“0”にセットする。

【0070】図17に、フレーム画面3に対応する各テーブルの設定状態を示す。また、図20に、フレーム画面3に対応するフレームメモリのイメージ図を示す。

(a)の前景用フレームメモリ15-1から立方体41が消去され(b)の背景用フレームメモリ15-2のタイル101に立方体41が書き込まれている。

【0071】以上、本実施例によれば3次元のモデリング図形を2次元の画面上で移動ないし静止しながら再描画する場合、フレーム毎に前回から移動の有無を図形単位に判定し、移動する図形はフレームメモリ上に描画し、移動しない図形はフレームメモリ上に残る前フレームのイメージデータを使用する。この結果、移動する図形の数または移動の発生頻度が少ない画面の描画処理を大幅に低減し、結果的に高速の描画処理を実現できる。

【0072】また、本実施例では、3次元図形の移動の有無の判定に、3次元のモデリング座標系における図形の頂点のうち、x、y、z成分の最大値または最小値を含む6頂点を外接点として求めて成分値と共に保持し、今回のフレームで同一の図形を再描画する場合に、その外接点の全てが前回のフレームで求めた成分値と一致しているか比較する。なお、図形データの描画時、モデリング座標系から指定された変換マトリクスによる2次元座標系へ変換されるが、上記の外接点についても2次元への変換が行なわれ、今回と前回の比較は2次元のデータで行なわれる。これによれば、3次元の図形が複雑な形状を持つ場合でも、6頂点のみのチェックで移動の有無を速やかに判定できる。

【0073】また、移動する図形は前景用フレームメモリ、移動しない図形は背景用フレームメモリに描画し、図形毎に何れに書き込んでいるかを管理しながら、前景用フレームメモリを対象に動的な描画処理を行なう。従って、主として移動する図形が前景用フレームメモリ上で再描画される。さらに、フレームメモリを小領域に区分して、図形毎に存在する領域を管理しながら消去や描画を行なうので、処理の範囲が簡単に限定できる。

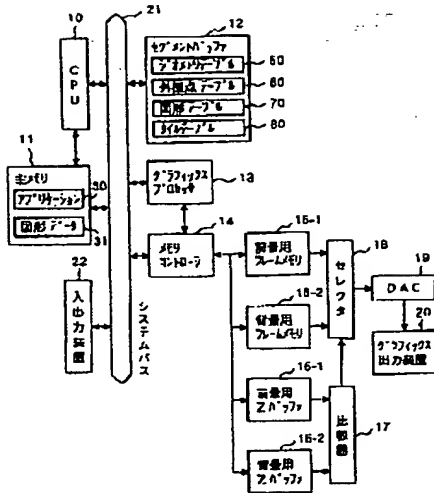
【0074】なお、上記実施例では3次元のモデリング図形を対象としたが、2次元のモデリング図形にも適用できることは言うまでもない。この場合、外接点は矩形枠と接する4頂点となる。

【0075】

【発明の効果】本発明によれば、複数の図形の各々を再描画する場合に、フレーム毎に前回から移動の有無を図形単位に判定し、移動する図形はフレームメモリ上に再描画し、移動しない図形はフレームメモリ上に残る前フ

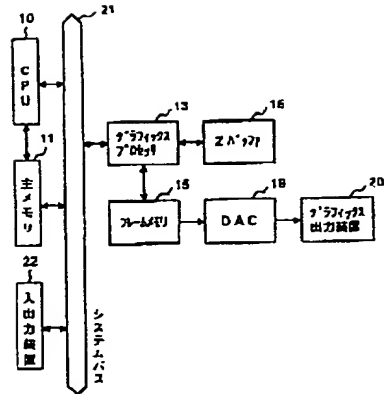
【図1】

図 1



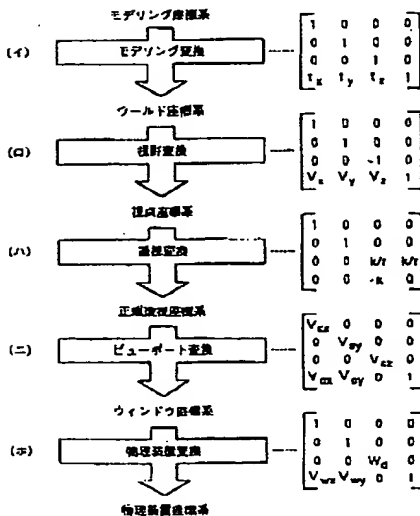
【図2】

図 2



【図3】

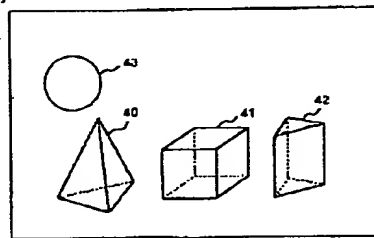
図 3



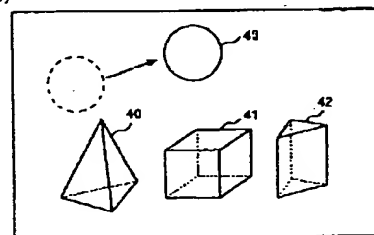
【図4】

図 4

(a)

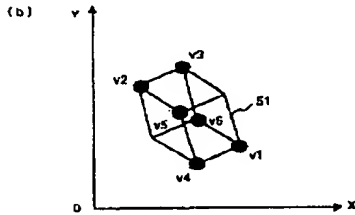
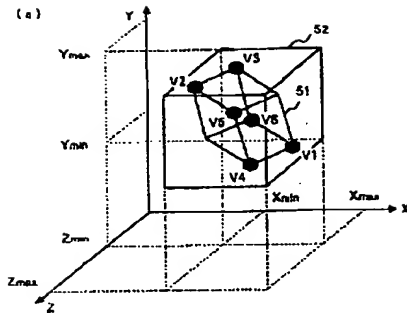


(b)



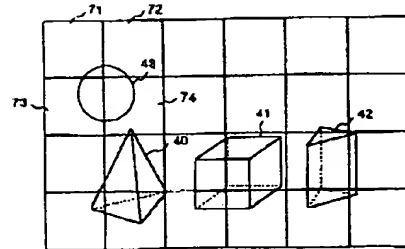
【図5】

図 5



【図7】

図 7



【図8】

図 8

(a)

| 図形ID番号 | タイル1 | タイル2 | ... | タイルn |
|--------|------|------|-----|------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

70

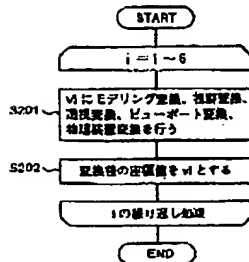
(b)

| タイル番号 | 図形1 | 図形2 | ... | 図形n |
|-------|-----|-----|-----|-----|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

80

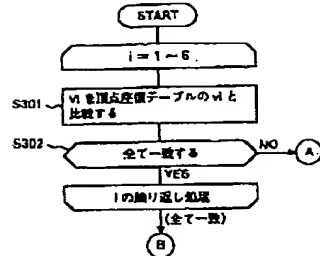
【図10】

図 10



【圖 11】

11



12

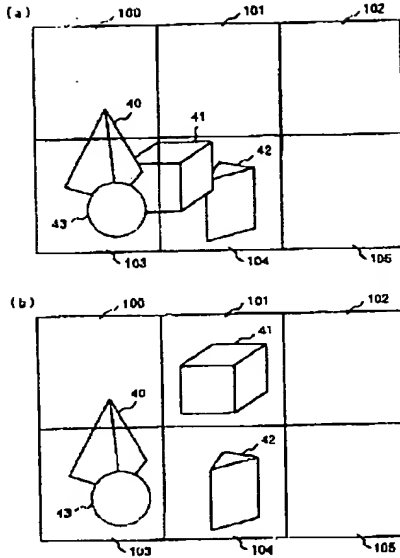


```

graph TD
    C((C)) --> S320[S320  
図形テーブルで図形が属する  
全てのタイトル番号を1にセット  
する]
    S320 --> S321[S321  
ジオメトリテーブルを更新する]
    S321 --> S322[S322  
図形テーブルで図形が属する  
新しいタイトル番号を1にセット  
する]
    S322 --> S323[S323  
図形を作業用フレームメモリ  
に記憶する]
    S323 --> R((R))
    R --> S330{S330  
禁止図形判定フラグを0  
にする}
    S330 -- NO --> S331[S331  
タイトルテーブルで新しいタイトル  
番号の図形の箇所を1に  
セット]
    S331 --> S332[S332  
図形を作業用フレームメモリ  
に記憶する]
    S332 --> S333[S333  
禁止図形判定フラグを0にする]
    S333 --> S334[S334  
作業図形判定フラグを0にする]
    S334 --> ENO((END))
  
```

【図14】

図 14



【図15】

図 15

(a)

| 図形 ID番号 | OC座標 | | | | | | PDC座標 | | | | | | 停止図形 判定フラグ | 背景図形 判定フラグ |
|------------|------|----|----|----|----|----|-------|----|----|----|----|----|---------------|---------------|
| | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 |
| 41 | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 |
| 42 | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 |
| 43 | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 |

60

(b)

| 図形ID番号 | 9(f8100) | 9(f8101) | 9(f8102) | 9(f8103) | 9(f8104) | 9(f8105) |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 40 (三角錐) | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 41 (立方体) | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 42 (三角柱) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 43 (球) | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

70

(c)

| ファイル番号 | 図形40 (三角錐) | 図形41 (立方体) | 図形42 (三角柱) | 図形43 (球) |
|--------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| 100 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 101 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 102 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 103 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 104 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 105 | 0 | 0 | 0 | 0 |

80

【図21】

図 21

| (a) | (b) |
|--------------|------------------|
| OPコード | OPコード |
| ピクセル空間 変換 | 頂点座標 |
| 変換 | X ₁ |
| 変換 | Y ₁ |
| 変換 | Z ₁ |
| 変換 | N X ₁ |
| 変換 | N Y ₁ |
| 変換 | N Z ₁ |
| 変換 | X ₂ |
| 変換 | Y ₂ |
| 変換 | Z ₂ |
| 変換 | N X ₂ |
| 変換 | N Y ₂ |
| 変換 | N Z ₂ |
| 変換 | . |
| 変換 | . |
| 変換 | . |
| 変換 | X ₈ |
| 変換 | Y ₈ |
| 変換 | Z ₈ |
| 変換 | N X ₈ |
| 変換 | N Y ₈ |
| 変換 | N Z ₈ |

第1頂点座標

第1頂点座標

第2頂点座標

第2頂点座標

第8頂点座標

第8頂点座標

【図16】

図 16

(a)

| 図形 I D 番号 | O C 座標 | | | | | | P D C 座標 | | | | | | 停止図形 判定7分 | 得意図形 判定7分 |
|--------------|--------|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|--------------|--------------|
| | v1 | v2 | v3 | v4 | v5 | v6 | v1 | v2 | v3 | v4 | v5 | v6 | | |
| 4 0 | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 |
| 4 1 | | | | | | | | | | | | | (0→) 1 | (0→) 1 |
| 4 2 | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 |
| 4 3 | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 |

60

(b)

| 図形 I D 番号 | スタイル100 | スタイル101 | スタイル102 | スタイル103 | スタイル104 | スタイル105 |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 4 0 (三角錐) | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 4 1 (立方体) | 0 | (0→) 1 | 0 | (1→) 0 | (1→) 0 | 0 |
| 4 2 (三角柱) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 4 3 (球) | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

70

(c)

| スタイル番号 | 図形 4 0 (三角錐) | 図形 4 1 (立方体) | 図形 4 2 (三角柱) | 図形 4 3 (球) |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 1 0 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 0 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 0 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 0 3 | 1 | (1→) 0 | 0 | 1 |
| 1 0 4 | 0 | (1→) 0 | 1 | 0 |
| 1 0 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |

80

【図17】

図 17

(a)

| 図形 I D 番号 | O C 座標 | | | | | | P D C 座標 | | | | | | 停止図形 判定7分 | 得意図形 判定7分 |
|--------------|--------|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|--------------|--------------|
| | v1 | v2 | v3 | v4 | v5 | v6 | v1 | v2 | v3 | v4 | v5 | v6 | | |
| 4 0 | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 |
| 4 1 | | | | | | | | | | | | | (1→) 0 | (1→) 0 |
| 4 2 | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 |
| 4 3 | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 |

60

(b)

| 図形 I D 番号 | スタイル100 | スタイル101 | スタイル102 | スタイル103 | スタイル104 | スタイル105 |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 4 0 (三角錐) | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 4 1 (立方体) | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 2 (三角柱) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 4 3 (球) | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

70

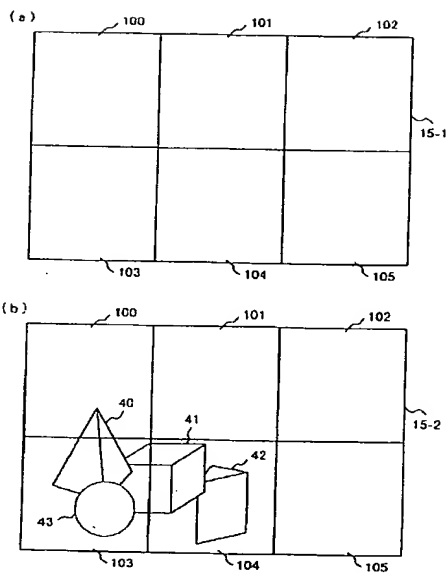
(c)

| スタイル番号 | 図形 4 0 (三角錐) | 図形 4 1 (立方体) | 図形 4 2 (三角柱) | 図形 4 3 (球) |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 1 0 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 0 1 | 0 | (0→) 1 | 0 | 0 |
| 1 0 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 0 3 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 0 4 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 0 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |

80

【図18】

図 18



【図19】

図 19

